

POTEAUX

Compression centrée

Données :

Combinaison de base : $N_u = 1.35G + 1.5Q$
 Longueur de flambement : l_f
 Section du poteau : a, b ou d
 Matériaux : f_{c28}, f_e

15% (plus de 2 poteaux de rive)
 10% (1 poteau de rive)

Cas général

Longueur de flambement l_f suivant liaisons						Légende
						(a)
						(b)
						(c)
$2l_0$	l_0	l_0	$0.707l_0$	$0.707l_0$	$l_0/2$	l_f

(a) encastrement, (b) articulation, (c) encastrement et déplacement possible par translation.

Bâtiment : $l_f = 0.7 l_0$

$$\lambda = 2\sqrt{3} \frac{l_f}{a} \text{ (section rectangulaire)}$$

$$\lambda = 4 \frac{l_f}{D} \text{ (section circulaire)}$$

λ : Elancement
 α : Coefficient de flambage

$$\lambda \leq 70$$

Non

flexion composée

Pas de flambement

Oui

$$\lambda \leq 50$$

Oui

$$\alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2}$$

Moitié des charges est appliquée après 90j $\Rightarrow \alpha = \alpha$
 Moitié des charges est appliquée avant 90j $\Rightarrow \alpha = \alpha/1.10$
 Majeure partie des charges est appliquée à $j < 28j \Rightarrow \alpha = \alpha/1.20$
 (f_{cj} au lieu de f_{c28}).

Non

$$\alpha = 0.6 \left(\frac{50}{\lambda} \right)^2$$

$$B_r = (a - 0.02)(b - 0.02)$$

type de section

$$B_r = \pi (d - 0.02)^2 / 4$$

Si la section d'acier est négative, cela signifie que le le béton du poteau supporte l'effort normal sans armature.

$$A_{th} \geq \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r f_{c28}}{0.9 \gamma_b} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

B_r en m^2
 N_u en MN ($1MN=10^3KN$)
 f_{c28} en MPa
 $\gamma_b = 1.5$ (C.séc du béton)
 $\gamma_s = 1.15$ (C.séc de l'acier)

u : Périmètre du poteau en m
 B : Section du poteau en cm^2
 $4cm^2/m$ de périmètre

$$A(4u) = 4u \text{ (en } cm^2)$$

$$A(0.2\%) = 0.2B/100$$

$$A_{min} = \sup(A_{(4u)}; A_{0.2\%})$$

$$A_{sc} = \sup(A_{th}; A_{min})$$

$$0.2B/100 \leq A_{sc} \leq 5B/100$$

Nombre de cours d'acier transversaux à disposer sur la longueur de recouvrement doit être au minimum 3

Armatures transversales

$$\phi_t > \phi_{lmax} / 3$$

Espacement des cadres

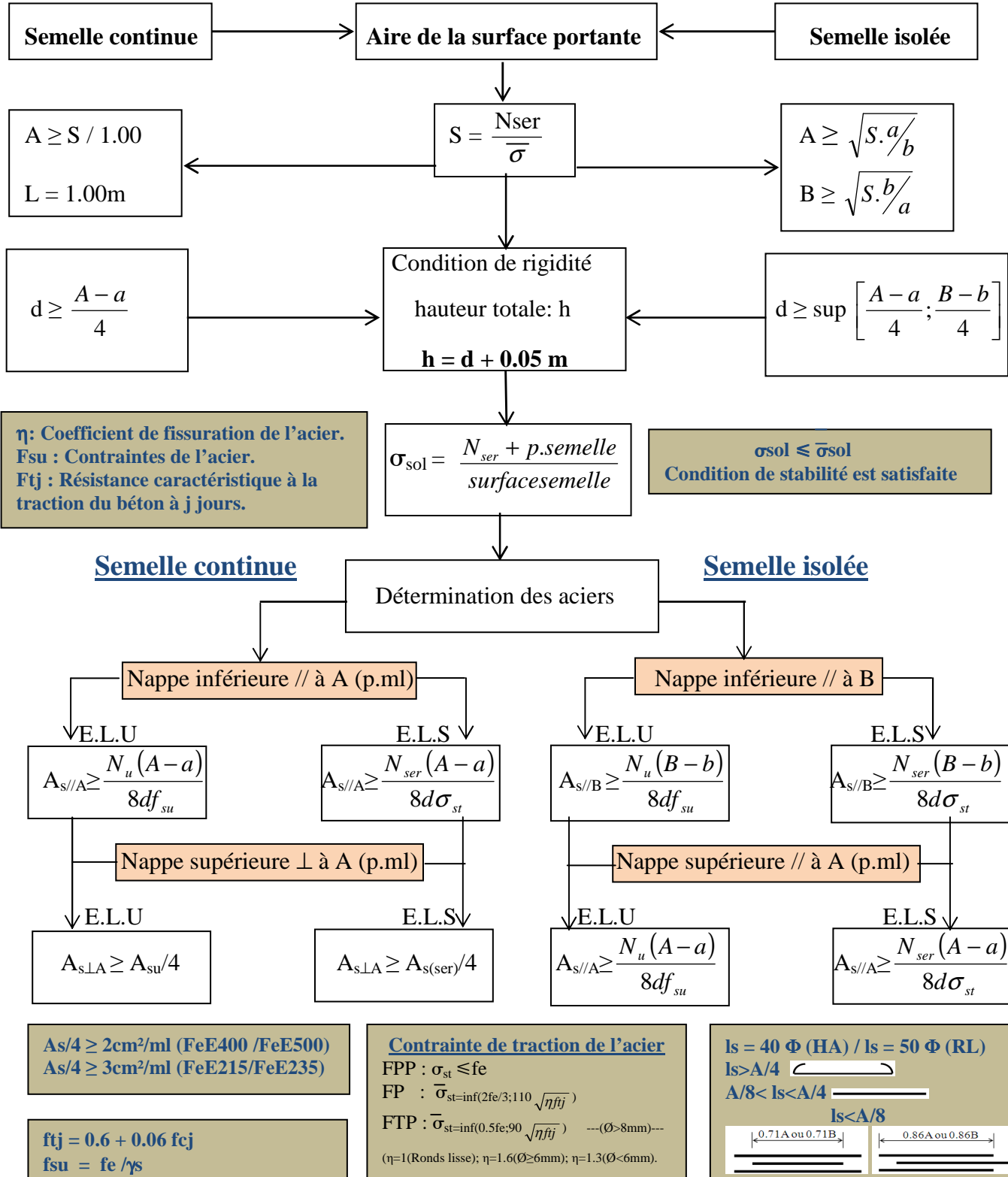
$$t < \inf(15\phi_{lmin}; 40cm; a+10cm)$$

Le rôle principal des armatures transversales est d'empêcher le flambage des aciers longitudinaux

SEMELLES

Données :

Combinaison de base : N_{ser} ; N_u
 Section de la semelle : A ; B
 Section du poteau : a ; b
 Matériaux : f_e ; $\bar{\sigma}_{sol}$; $\bar{\sigma}_{st}$



FLEXION SIMPLE (E.L.U) SECTION RECTANGULAIRE

μ_u : Moment ultime réduit
 M_u : Moment ultime de flexion simple
 b : Largeur de la poutre
 d : Hauteur utile ($0.9 \cdot h$)
 d' : Enrobage supérieur
 f_{bu} : Contrainte de calcul du béton

Données : M_u , b , d , d' , f_{c28} , f_e

$$f_{bu} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b}$$

$\gamma_b = 1.5$ (C.séc du béton)

θ : Coefficient d'application d'actions

θ	Durée d'application
1	>24h
0.9	$1 \leq \text{durée} \leq 24h$
0.85	si durée < 1h

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 f_{bu}}$$

$$\mu_u < 0.186$$

Non

Oui

Section armée par des armatures tendues

$$\epsilon_{bc} = 3.5\text{‰}$$

Section armée par des armatures tendues

$$\epsilon_{st} = 10\text{‰}$$

$$\mu_l = 0.8 \alpha_l (1 - 0.4 \alpha_l)$$

$$\mu_u < \mu_l$$

$$\alpha_l = 3.5 / (3.5 + 1000 \epsilon_l)$$

$$1000 \epsilon_l = f_e / 200 \gamma_s$$

oui

Section armée par des armatures doubles (Tendu+ comprimé)

Armatures comprimées

$$\epsilon_{sc} = (3.5 \cdot 10^{-3} + \epsilon_l) \left[\frac{d - d'}{d} \right] - \epsilon_l$$

$$\sigma_{sc} = F(\epsilon_{sc})$$

$$M_R = \mu_l \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{bu}$$

$$Z = d(1 - 0.4 \alpha_l)$$

$$A_{sc} = \frac{M_u - M_R}{(d - d') \cdot \sigma_{sc}}$$

$$A_{st} = \left[\frac{M_R}{Z} + \frac{M_u - M_R}{(d - d')} \right] \cdot \frac{\gamma_s}{f_e}$$



$\sigma_{st} = f_e / \gamma_s$ (contrainte de travail des armatures tendues).
 σ_{sc} : contrainte de travail des armatures comprimées.
 ϵ_{sc} : Raccourcissement unitaire
 M_R : Moment résistant du béton
 $M_{rés}$: Moment résiduel ($M_u - M_R$)
 $(d - d')$: Bras de levier du couple interne

$M_{rés} > 0.4 M_u$
Redimensionner la poutre

$$\alpha_u = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \mu_u})$$

$$Z = d (1 - 0.4 \alpha_u)$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z f_{su}}$$

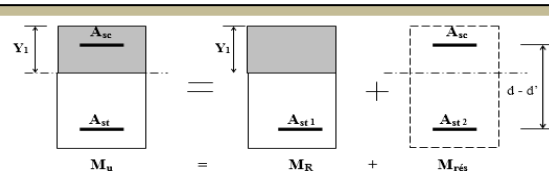
$$A_s \geq 0.23 \frac{f_{t28}}{f_e} b \cdot d$$

Oui



Condition de non fragilité est satisfaite

f_{su} : Contraintes de l'acier.
 $\gamma_s = 1.15$ (C.séc de l'acier).
 Z : Le bras de levier.
 $f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$



FLEXION SIMPLE (E.L.S) SECTION RECTANGULAIRE

Données : M_{ser} , b , d , d' , f_{c28} , f_e

Contrainte limite de traction de l'acier

FP : $\bar{\sigma}_{st} = \inf(2f_e/3; 110 \sqrt{\eta f_{tj}})$

FTP : $\bar{\sigma}_{st} = \inf(0.5f_e; 90 \sqrt{\eta f_{tj}})$ --- ($\phi > 8mm$) ---

($\eta=1$ (Ronds lisse); $\eta=1.6$ ($\phi \geq 6mm$)).

NB: Aciers de peau à prévoir dans les poutres de grande hauteur ($h > 60cm$)

FP : $3cm^2/ml$

FTP : $5cm^2/ml$

$$\bar{\alpha} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$$

$\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{cj}$ (Contrainte limite de compression du béton)

$n = E_s / E_b$ (Coefficient d'équivalence)

$$y_1 = \bar{\alpha} \cdot d$$

$$Z = d (1 - \bar{\alpha} / 3)$$

$$M_{rsb} = \frac{1}{2} b y_1 \bar{\sigma}_{bc} \cdot Z$$

Z : Le bras de levier
 y_1 : La position de la fibre neutre

M_{rsb} : Moment résistant du béton

Armature double

Non

Oui

Armature simple

$$M_{ser} < M_{rsb}$$

$$\sigma_{sc} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc} (y_1 - d')}{y_1}$$

σ_{sc} : contrainte de travail de la section d'acier comprimé

M_{rsb} : Moment résistant du béton

$M_{rés}$: Moment résiduel ($M_u - M_R$)

$(d-d')$: Bras de levier du couple interne
 d' : Enrobage supérieur

$$A_{sc} = \frac{M_{ser} - M_{rsb}}{(d - d') \cdot \sigma_{sc}}$$

$$A_{st} = \left[\frac{M_{rsb}}{Z} + \frac{M_{ser} - M_{rsb}}{(d - d')} \right] \cdot \frac{1}{\bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{ser} = \frac{M_{ser}}{Z \cdot \bar{\sigma}_{st}}$$

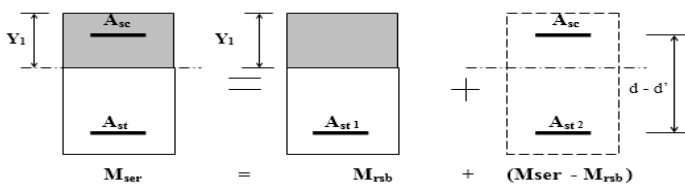
$$A_s \geq 0.23 \frac{f_{t28}}{f_e} b \cdot d$$

Oui

Condition de non fragilité est satisfaite



$\bar{\sigma}_{st}$: Contrainte limite de traction de l'acier.
 $f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$



A_{st1} Pour équilibrer le moment résistant du béton

A_{st2} Pour équilibrer un moment ($M_{ser} - M_{rsb}$)

A_{sc} Pour équilibrer le complément de moment pour atteindre M_{ser} .

ARMATURES TRANSVERSALES (cadres/Epingles/Etriers)

Le rôle principal des armatures transversales est de limiter l'ouverture des fissures inclinées dues à l'effort tranchant.

Données : V_u , b , d , f_{c28} , f_e

Contrainte de cisaillement

$$\tau_u = V_u / b.d$$

V_u : effort tranchant en MN
 τ_u : contrainte tangentielle en Mpa
 b, d : en m

Contrainte limite

Armatures droites ($\alpha = \pi/2$)

FPP $\tau_u \leq \overline{\tau_u} = \min \left(\frac{0.20f_{c28}}{\gamma_b} ; 5 \text{ Mpa} \right)$

FP / FTP $\tau_u \leq \overline{\tau_u} = \min \left(\frac{0.15f_{c28}}{\gamma_b} ; 4 \text{ Mpa} \right)$

Armatures inclinées à ($\alpha = \pi/4$)

$$\tau_u \leq \overline{\tau_u} = \min \left(\frac{0.27f_{c28}}{\gamma_b} ; 7 \text{ Mpa} \right)$$

Condition n'est pas vérifiée
Revoir les dimensions de la poutre (Notamment b).

Non

Oui

Condition est vérifiée

Diamètre de l'armature transversale

$$\phi_t \leq \min (h/35 ; \phi_{l \min} ; b/10)$$

Espacement maximum des cours d'armatures

$$S_{tmax} \leq \min \left(\underbrace{0.9d ; 0.40m}_{\text{Milieu}} ; \underbrace{A_t \cdot f_e}_{\text{Appui}} \right)$$

$A_t = n A_i$
 A_i : section d'une branche verticale en cm^2
 n : nombre de branches verticales
 A_t : section totale d'un cours d'armatures transversales en m^2

Espacement des armatures transversales

f_{t28} plafonnée à 3.3 Mpa
 $k = 0$ (Reprise de bétonnage / FTP)
 $k = 1$ (cas de flexion simple / sans reprise de bétonnage / reprise avec indentation $\geq 5\text{mm}$)

$$S_t \leq \frac{0.9 \cdot A_t \cdot f_e}{\gamma_s \cdot b (\tau_u - 0.3f_{t28k})}$$

Répartition des armatures transversales

Oui

$$S_t < S_{tmax}$$

Non

- Placer le 1^{er} cours d'armature transversale à une distance du nu de l'appui égale à $S_t/2$.
- Effectuer la répartition des cours en appliquant la progression de **CAQUOT** définie par les valeurs :
7-8-9-10-11-13-16-20-25-30-35-40.
- Répéter chacune des valeurs de la progression autant de fois qu'il y a de mètres dans la demi portée

- Placer le 1^{er} cours d'armature transversale à une distance du nu de l'appui égale à $S_{tmax}/2$.
- Disposer les autres cours d'armature à une distance constante égale à S_{tmax} .